



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
MAESTRIA EN PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE

Trabajo de Graduación

**Para Optar al Grado de Maestro en Ciencias en
Producción Animal Sostenible**

Producción de biomasa y calidad nutritiva de
Forraje Verde Hidropónico, Managua, Nicaragua
2016

Autor

Patricio Martin Varela Rojas

Tutor

Ing. Norlan Caldera Navarrete, MSc.

Asesor

Ing. Nadir Reyes Sánchez PhD.

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2017

El presente trabajo de graduación fue aceptado en su presente forma por la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria y aprobada por el Comité Evaluador del sustentante: **Patricio Martin Varela Rojas**, como requisito parcial para optar al grado académico de Maestro en Ciencias en Producción Animal Sostenible. Por lo que se considera que llena los requisitos para ser presentado ante la comunidad científica de la Universidad Nacional Agraria.

Firmantes:

Ing. Fabio Vásquez
Presidente del Comité

Ing. Luis Urbina Abaunza
Secretario

Lic. Rosario Rodríguez
Vocal

Managua, Nicaragua
Diciembre, 2017

INDICE

Contenido

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE TABLAS.....	iii
INDICE DE GRAFICOS.....	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3.1. Localización y duración del experimento.....	3
3.2. Tipo de experimento.....	3
3.3. Duración del experimento	3
3.4. Manejo del experimento	3
3.4.1. Producción de forraje verde hidropónico en invernadero.	3
3.4.1.1. Instalaciones.....	3
3.4.1.2. Selección de semilla.	4
3.4.2. Obtención de los Fertilizantes orgánicos.....	4
3.4.2.1. Preparación de biol con estiércol ovino.....	4
3.4.2.2. Preparación de biol con gallinaza.....	5
3.4.2.3. Fertilización química:	5
3.4.2.4. Pre-siembra.....	6
3.4.2.5. Siembra.	6
3.4.2.6. Dosificación de fertilizantes a usar.	6
3.4.2.7. Riego de las plántulas.....	6
3.5. Diseño experimental	7
3.5.1. Evaluación química y productiva del FVH.....	7
3.5.2. Procesamiento de datos y análisis estadístico.	7
3.5.3. Variables a medir	7

3.5.3.1. Composición química del FVH.	7
3.5.3.2. Sobre las bandejas de producción FVH:	7
3.5.3.3. Toma de datos.....	8
3.5.4. Análisis de laboratorio.	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. BIBLIOGRAFIA.....	31
VIII. ANEXOS.....	35

DEDICATORIA

A **Dios**, creador de todo lo que existió, quien hace posible todas las cosas quien con su amor inigualable nos prepara el camino para el éxito.

A mi abuelo **Héctor Raúl Varela Vargas Q.E.P.D** aunque no pude recibir todos sus consejos, su manera de vivir fue el mejor modelo de rectitud, honestidad y honor que pudo haberme legado.

A mi abuela **Esperanza de Varela** quien ha dado tanto amor y sacrificio por su familia, siempre apoyándonos, tú eres más que una madre abuela y te agradezco para siempre todo lo que has hecho por mí.

A mis padres **Rafael Varela** y **Silvia Rojas** por todo el amor y enseñanzas que me brindaron.

A mi esposa **Ana María Sánchez Gurdíán**, gracias por todo tu amor, sacrificio y apoyo durante nuestro tiempo juntos y en especial durante esta etapa de estudio; eres mi soporte y el punto de apoyo que mueve mi mundo, eres el horizonte al que camino cuando llega el final del día.

AGRADECIMIENTO

Al **Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria** por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado para servir con mayor calidad al pueblo de Nicaragua.

Al **Ing. Norlan Caldera Msc.** La **Ing. Rosario Rodríguez Msc.** el **Ing. Nadir Reyes PhD.** Por todo el apoyo recibido durante el proceso de formación y elaboración de este trabajo de tesis, muy agradecido.

A los docentes que con mucho profesionalismo facilitaron el proceso de enseñanza en las diferentes aéreas de la maestría.

A mis compañeros de clase que hicieron más ameno el proceso de aprendizaje y con los cuales compartí por más de 2 años de estudio.

A mis compañeros de trabajo Ana Yakarely Alaníz Medina, Selene Reyes y Marcos Membreño que me apoyaron en la toma de datos y labores durante el periodo de ensayo.

Al **pueblo** sacrificado, luchador y victorioso de nuestra Nicaragua a quien nos debemos para seguir acompañando los procesos de transformación del sector agropecuario

INDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PAGINA
1	Insumos y materiales usados para elaborar biol de estiércol ovino	5
2	Insumos y materiales para elaborar biol de excretas de aves	5
3	Producción de Biomasa Fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio	19
4	Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	19
5	Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH)	20
6	Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	20
7	Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	21
8	Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio.	22
9	Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	22
10	Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH)	23
11	Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de materia seca de Forraje seca Hidropónico (FVH).	23
12	Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	24
13	Producción de proteína bruta (PB) de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio.	25
14	Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de PB de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	26
15	Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	26
16	Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	27
17	Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	27

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICOS	CONTENIDO	PAGINA
1	Comportamiento de la altura del FVH según el tipo de semilla y fertilizante utilizado	10
2	Comportamiento de la altura del FVH según la interacción semilla por fertilizante	11
3	Comportamiento de la altura del FVH según el fertilizante por edad de cosecha	12
4	Diámetro de tallo del FVH según semilla y tipo de fertilizante utilizado	13
5	Comportamiento del diámetro de tallo del FVH según el efecto de la interacción semilla por fertilizante.	13
6	Comportamiento del diámetro del tallo según la semilla por la edad de cosecha	14
7	Comportamiento del diámetro del tallo de FVH según el tipo de semilla y fertilizante por la edad de cosecha.	15
8	Comportamiento de la raíz según el tipo de semilla y fertilizante utilizado para producir FVH.	16
9	Comportamiento de la raíz según la interacción semilla por fertilizante	17
10	Comportamiento de la raíz según la interacción semilla por edad de cosecha y fertilizante por edad de cosecha	17

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO	PAGINA
1	Ventilación de semillas antes de la siembra	35
2	Mesas, bandejas y semilla listas para la siembra	35
3	Bandejas sembradas con semillas de maíz y sorgo	36
4	Desarrollo de FVH de maíz y sorgo	37
5	Cosecha y pesaje de FVH	38

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de utilizar fertilizantes orgánicos sobre el rendimiento (biomasa y MS) y calidad nutritiva (PC) de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz y sorgo. Se evaluaron dos fertilizantes orgánicos: biol ovino, biol gallinaza y un fertilizante químico, dos genotipos (G) de maíz (NB-6 y NB-S) y dos genotipos de sorgo (SP-1 y SIM) en dos fechas de cosecha (12 y 15 d después de la siembra). Estos factores conformaron un arreglo factorial $4 \times 3 \times 2$ en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron: peso fresco (PF), peso seco (PS), contenido de proteína (PB). Los resultados obtenidos indicaron que la calidad del FVH se encuentra dentro de los valores recomendados para su uso en alimentación animal ($>7.5\%$). Los factores evaluados que tuvieron efecto significativo fueron: genotipo, fertilizante y fecha de cosecha sobre todas las variables, peso fresco, sobre peso seco y sobre proteína bruta. En rendimiento y calidad nutricional el FVH de los genotipos de Maíz obtenido con fertilizante orgánico y cosechado a los 15 días fue similar, superando a los FVH de los genotipos de sorgo.

Palabras clave: fertilizante orgánico, forraje verde hidropónico, rendimiento, peso fresco, peso seco, proteína

SUMMARY

The objective of the present study was to determine the effect of using **organic** fertilizers on the performance and nutritional quality of hydroponic green forage (FGH). Two organic fertilizers were evaluated: ovine biol, hen dropping biol and a chemical fertilizer, two genotypes (G) of corn seed (NB-6 and NB-S) and two genotypes of sorghum seed (SP-1 and SIM) on two harvest dates (12 and 15 d after sowing). These factors formed a $4 \times 3 \times 2$ factorial arrangement in a completely randomized design, with four repetitions. The response variables were: fresh weight (FW), dry weight (DW), protein content (PC). The results obtained indicated that the quality of the FGH is within the recommended values for its use in animal feed. The evaluated factors that had a significant effect were: genotype, fertilizer and date of harvest on all variables, FW, DW and PC. In yield and nutritional quality, the FGH of the genotypes of Maize obtained with organic fertilizer and harvested at 15 d was similar, surpassing the FGH of the genotypes of sorghum.

Keywords: organic fertilizer, hydroponic green forage, yield, fresh weight, dry weight, protein

I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas ganaderos de América Central es común el uso de diferentes estrategias para la alimentación del ganado, tales como pasturas naturales y naturalizadas, residuos de cultivos, ensilado y pastos de corte y acarreo. En Nicaragua existen zonas secas con periodos que van desde los 4 a los 8 m durante las cuales la oferta de forraje es deficitaria. Esta condición de baja disponibilidad de forraje afecta negativamente la producción a nivel general. (Holmann *et al.*, 2004).

La sequía es un fenómeno asociado al cambio climático que puede presentarse en cualquier lugar y momento. Aunque el efecto de los cambios en el clima sobre la producción de cultivos varía de una región a otra, se espera que los cambios pronosticados tengan efectos de gran alcance principalmente en los países con zonas tropicales donde la población rural más pobre vive en áreas expuestas y marginales, y en condiciones que los hacen muy vulnerables. (Nichols, 2008).

Así mismo la disponibilidad de agua para el ganado, es un factor importante que limita la carga animal y la producción en Nicaragua, especialmente durante la época seca. Los pequeños productores tienen que mover sus hatos a grandes distancias en busca de agua en fuentes como ríos y reservorios comunitarios, lo que significa un alto desgaste energético para los animales y consecuentemente una reducción significativa en la producción. (Fujisaka *et al.* 2005).

Todo esto conlleva a la búsqueda de alternativas que permitan mitigar estas condiciones y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de las familias rurales, tal es el Forraje Verde Hidropónico (FVH) que ofrece una serie de ventajas, como producción forrajera durante todo el año, uso limitado de agua, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y perciben una rápida recuperación de la inversión (FAO, 2001).

Una de las ventajas del FVH es que se puede producir muy rápidamente (entre 9 y 15 d.), sin embargo, se necesita de soluciones nutritivas de un alto costo que brinden lo necesario para lograr mejores rendimientos y mantener su calidad nutricional. La búsqueda de alternativas que permitan suministrar a los FVH los nutrientes que necesita para un buen desarrollo del cultivo plantea retos en la utilización de fuentes de bajo costo como podrían ser el uso de abonos orgánicos como el Biol, excretas de las aves y el uso de estiércol de los animales lo que permitirá el suministro nutritivo de los cultivos a través del reciclaje de nutrientes y no depender de insumos externos, lo que permitirá reemplazar el uso de los preparados comerciales (FAO, 2001),

Con el presente estudio se evaluaron tres fuentes alternas de fertilización en la producción de forrajes verdes hidropónicos para medir su respuesta en la producción de biomasa y calidad nutritiva.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar de la producción de biomasa y calidad nutritiva de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo con dos fertilizantes orgánicos.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar la producción de biomasa y composición química (materia seca, proteína bruta) del forraje verde hidropónico obtenido con el uso de fertilizantes orgánicos.
- Analizar la respuesta productiva y nutricional del forraje verde hidropónico a los diferentes fertilizantes orgánicos utilizados.
- Determinar la fecha de cosecha (12 y 15 d) en que el forraje verde hidropónico contiene mejor valor nutricional.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El experimento se realizó en El Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en el km. 14.1 carretera panamericana norte, 2 km al sur en Managua, Nicaragua.

3.2. Tipo de experimento

Estudio experimental, que consistió en la producción de biomasa de forraje verde hidropónico a nivel de invernadero

3.3. Duración del experimento

El experimento tuvo una duración de 75 d divididos de la siguiente manera:

- Recolección y limpieza de estiércol ovino y gallinaza 3 d.
- Elaboración de bioles (preparación y fermentación) 30
- Desinfección y pre germinado de la semilla de maíz y sorgo 1 d
- Siembra, Producción de forraje y uso de fertilizantes naturales en invernadero 15 d.
- análisis bromatológico en el laboratorio 20 d.
- Análisis estadístico 7d.

3.4. Manejo del experimento

3.4.1. Producción de forraje verde hidropónico en invernadero.

3.4.1.1. Instalaciones

El ensayo se estableció en condiciones de invernadero, la estructura es de tubo cuadrado de 1.5", este tiene 15 m de longitud por 6.30 m de ancho. La altura al centro es de 4 m y 3 m en la parte más baja, formando una pendiente de 10%, está forrado con malla antiviral en doble disposición, tiene una sola puerta de ingreso ubicada al centro de la pared frontal, la puerta mide 2 m de alto y 1 m de ancho, el invernadero contó con 8 mesas elaboradas con tubo galvanizado de 1.5 pulgadas de diámetro con dimensiones de 0.70 m de altura por 1.20 m de ancho por 2.50 m de largo, la base de la mesa de malla metálica expandible troquelada de 3/8", pintada con pintura anticorrosiva color gris.

A lo interno se contó con acceso a agua potable y con un área para el manejo de utensilios.

3.4.1.2. Selección de semilla.

El material usado en el ensayo provino de semilla certificada de las áreas de producción del centro nacional de investigación agropecuaria (CNIA), la semilla fue seleccionada en el departamento de producción y post-cosecha del INTA y se mantuvo en cuarto frío en el centro nacional de investigación agropecuaria (CNIA) hasta su uso. (INTA, 2014)

Se utilizaron dos tipos de semilla (maíz y sorgo) a su vez por cada tipo de semilla fueron seleccionadas dos tipos de variedades o genotipos: maíz NB-6 y maíz NBS, un segundo material fue sorgo del cual las variedades utilizadas fueron sorgo INTA Mejor y sorgo Pinolero 1.

3.4.2. Obtención de los Fertilizantes orgánicos.

3.4.2.1. Preparación de biol con estiércol ovino.

Preparación según metodología de Restrepo (2007):

1. En un recipiente plástico de 100 l de capacidad, se disolvió en 50 l de agua limpia 25 kg de estiércol fresco de oveja y 2 kg de ceniza vegetal como fuente de K, Ca, Mg y otros minerales (García y Félix, 2014) revolviendo hasta lograr una mezcla homogénea.
2. Se disolvió en una cubeta plástica de 20 l de capacidad, 10 l de agua no contaminada, 2 l de leche cruda (aporta proteínas, vitaminas grasa y amino ácidos) con 2 litros de melaza (fuente energética de la fermentación, Restrepo, 2007) y se agregaron en el recipiente plástico de 100 litros de capacidad donde se encontraba la primera mezcla de estiércol y ceniza, luego se revolvieron constantemente hasta homogenizar la mezcla.
3. Se completó el volumen total del recipiente plástico que contenía todos los ingredientes, con agua limpia, hasta 90 litros de su capacidad y se revolvió nuevamente.
4. Se tapó herméticamente el recipiente para que diera inicio la fermentación anaeróbica del biofertilizante, la tapa conto con un sistema para la evacuación de gases con manguera (sello de agua)
5. El recipiente con la mezcla se dejó reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias.
6. Después de 30 d de fermentación anaeróbica, se abrió el recipiente para revisar la calidad del biofertilizante por medio del olor y el color, antes de pasar a usarlo, este no presentó olor a putrefacción, ni coloración extraña, se cerró nuevamente hasta su uso.

Tabla 1. Insumos y materiales usados para elaborar biol de estiércol ovino

Ingredientes	Cantidad	Materiales
Agua corriente	100 l	1 recipiente plástico de 100 l de capacidad
Estiércol fresco de ovino	25 kg	1 cubeta plástica de 20 l capacidad
Melaza	2 l	1 manguera de 1 m largo 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro
Leche	2 l	1 Niple roscado 3/8 a 1/2 pulgada
Ceniza de leña	2 kg	1 botella desechable

Fuente: Restrepo (2007).

3.4.2.2. Preparación de biol con gallinaza.

Para la elaboración del biol a base de gallinaza se siguieron los mismos pasos que en la preparación del biol con estiércol ovino ajustando las cantidades de los insumos a las proporciones correspondientes.

Tabla 2. Insumos y materiales para elaborar biol de excretas de aves

Ingredientes	Cantidad	Materiales
Agua corriente	100 l	1 recipiente plástico de 40 l de capacidad
Gallinaza colada y molida	25 k	1 cubeta plastica de 10 l capacidad
Melaza	2l	1 manguera de 1 m largo 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro
Leche	1 l	1 Niple roscado 3/8 a 1/2 pulgada
		1 botella desechable

Fuente: Restrepo (2007).

3.4.2.3. Fertilización química:

Para el caso del fertilizante químico se usó una fórmula foliar comercial (10-11-7), fertilizante Químico quelatado, utilizándose en dosis de 25 ml por l agua, según recomendación del fabricante.

3.4.2.4. Pre-siembra.

Antes de la siembra, la semilla fue desinfectada en agua clorada usando 2cc l de agua durante 15 minutos, posterior se enjuagó 3 veces para quitar todos los residuos. Una vez terminado el enjuague se dejó en remojo por 12 h para pre-germinar, pasadas las 12 h se enjuagó nuevamente y se dejó orear 1 h para luego dejar en remojo durante 12 h adicionales (FAO, 2001).

3.4.2.5. Siembra.

Una vez cumplido el periodo de pre-germinación se sembró en las bandejas (dimensiones de 28 cm de ancho por 58 de largo por 3 cm de profundidad) plásticas previamente identificadas con el número de tratamiento correspondiente a razón de 7.5 kg. m², (Carballo, 2000); estas se colocaron en las mesas y se cubrieron con plástico negro para estimular la germinación, a cada bandeja se aplicó riego de 4-6 (según clima) veces al día con ayuda de una bomba aspersora de mochila, una vez germinada la semilla se retiró el plástico dejándose libre para recibir luz solar (FAO, 2001).

3.4.2.6. Dosificación de fertilizantes a usar.

Las dosis de fertilizante para los tratamientos fue de 50 ml de biol ovino por litro de agua, 50 ml de biol de gallinaza por litro de agua correspondiente al 5% de concentración para fertilizantes foliares elaborados bajo esta técnica (Restrepo, 2007) y 25 ml de fertilizante químico foliar comercial por litro de agua (según recomendación del fabricante).

3.4.2.7. Riego de las plántulas.

El riego fue por aspersión (con bomba de mochila), del día 1 al 4 el riego consistió en la aplicación de agua y agua con cal como anti fúngico (García, 2005) de cuatro a seis veces por día, por la mañana se regó con agua y por la tarde se aplicó agua con cal a razón de 50 g de cal l de agua, esto para evitar la proliferación de hongos; del día 5 en adelante se aplicaron las fórmulas fertilizantes (biol ovino, biol de gallinaza y fertilizante químico) por cada tratamiento en estudio.

La dosis de agua a usada por todos los tratamientos independiente de la formula fue del día 1 al 4 de 0.5 lt. de agua por riego hasta alcanzar 2 l de agua m² por aplicación, los fertilizantes orgánicos e inorgánicos fueron diluidos previamente según las concentraciones descritas anteriormente. (FAO, 2001)

3.5. Diseño experimental

3.5.1. Evaluación química y productiva del FVH.

- a) El modelo estadístico aplicado será basado en un diseño multifactorial 4 por 3 por 2

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + V_j + F_k + C_l + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable de respuesta.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo material (maíz, Sorgo).

V_j = Efecto del j-ésima variedad. (Maíz NB-6, maíz NBS; sorgo INTA mejor y sorgo Pinolero 1)

F_k = Efecto del k-ésimo Fertilizante. (Biol ovino, biol gallinaza, fertilizante químico)

C_l = Efecto del l-ésima fecha de corte. (12, 15 d)

E_{ijklm} = Error experimental.

3.5.2. Procesamiento de datos y análisis estadístico.

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo Excel del paquete informático Microsoft office®, los datos se analizaron mediante el paquete estadístico MINITAB® ver 16. 2013. Se utilizó el PROC Factorial para los efectos de producción de biomasa. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

3.5.3. Variables a medir

3.5.3.1. Composición química del FVH.

- a) Proteína bruta *.

- b) Materia seca *.

*El contenido de MS y PB de cada una de las muestras se calculó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional Agraria siguiendo los procedimientos descritos por AOAC (1990).

3.5.3.2. Sobre las bandejas de producción FVH:

- a) Porcentaje de germinación de la semilla de maíz y sorgo.

Se realizó prueba de germinación de la semilla usada por cada tratamiento tomando una muestra aleatoria según la norma ISTA (2004) luego se homogenizó la muestra y se tomaron 100 semillas para sembrar en panas plástica de 27 cm de ancho, 30 cm de largo y 11 cm de profundidad con 4 surcos de 17 semillas y 2 surcos de 16 semillas según método INTA (2013).

b) Altura de planta.

Se midió en centímetros desde el nivel de formación del tapete al ápice de la hoja principal o bandera, la medición se realizó a los 4, 7, 9, 11 y 14 días post germinación a una muestra de 5 plantas por bandeja.

c) Diámetro del tallo.

Se midió con pie de rey digital al centro del tallo.

d) Longitud de la raíz.

Se midió la longitud total de la raíz principal en centímetros desde la inserción en el tallo hasta su extremo distal.

e) Peso fresco final.

Se midió en gramos y es resultado del pesaje del total del FVH contenido en cada bandeja.

3.5.3.3.Toma de datos.

La toma de datos de las variables en el FVH se realizó a los 4, 7, 9, 11 y 14 días post germinación. Para todas las variables se tomaron 5 plántulas por bandeja, seleccionadas al azar. La altura de la planta se realizó con regla plástica graduada tomando la medida desde el cuello del tallo hasta el dobles de la hoja bandera, la altura del tallo se midió con regla plástica graduada desde el mesocotilo hasta el nudo cotiledonar, el grosor del tallo se midió usando un caliper digital en la parte media del tallo. La longitud de raíz (radícula) se realizó con regla plástica graduada, cada plántula se separó manualmente con mucho cuidado para no romper la raíz. El peso se realizó al final de cada cosecha (12 y 15 d), se pesó cada tapete formado en las bandejas de manera individual usando una balanza digital, posteriormente se anotó cada dato en hoja de campo, el peso se registró en kilogramos.

3.5.4. Análisis de laboratorio.

Una vez cosechado y pesado el FVH se tomó una muestra de 500 gramos de cada tratamiento luego fue llevada al laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal de la UNA para realizar los análisis químicos de MS, PB.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables Morfológicas

Las variables morfológicas evaluadas fueron altura de planta, grosor de tallo y longitud de raíz.

4.1.1. Altura de Planta

Podemos observar en el grafico 1 que no existió diferencias significativas ($p>0.05$), entre la altura del FVH producido entre las los tipo de semilla de maíz NB-6 (24.9 cm) y maíz NB-S (24.2 cm), de igual manera no existió diferencia significativa ($p>0.05$) entre la altura del FVH obtenido con las semilla de sorgo SIM (12.6 cm) y sorgo SP1 (10.9 cm); sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tipos de semilla maíz vs sorgo

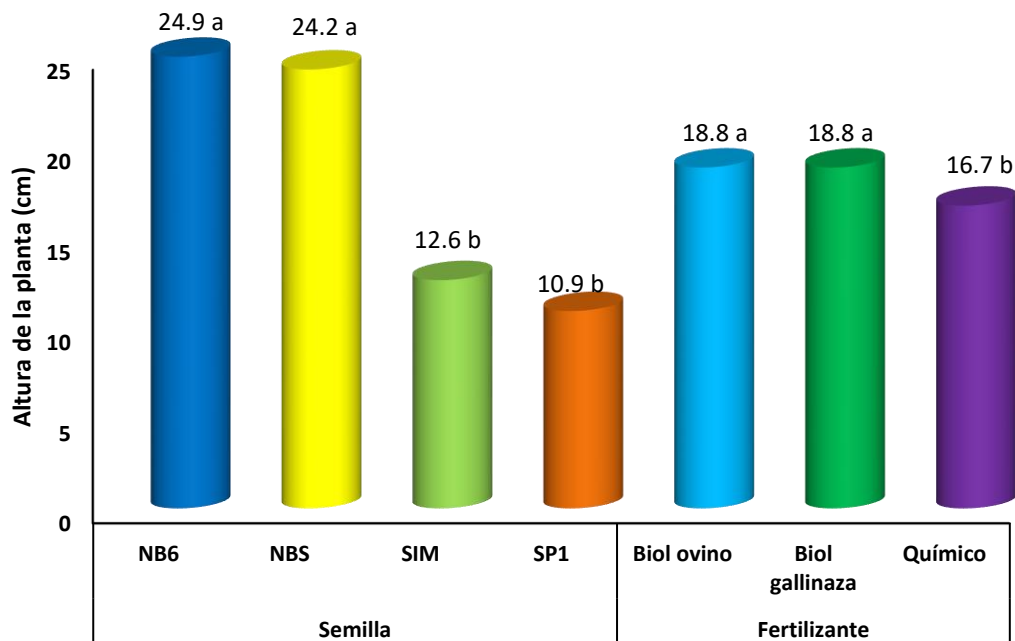


Grafico 1. Comportamiento de la altura del FVH según el tipo de semilla y fertilizante utilizado

Al evaluar el efecto de los fertilizantes sobre la altura de FVH (grafico 1) se observó que existió diferencias ($p<0.05$) entre las alturas de planta del FVH producido con fertilizantes orgánicos: Biol Ovino y Biol Gallinaza, (18.8 cm y 18.8 cm respectivamente) con la altura del FVH producido con el Fertilizante Químico (16.7 cm).

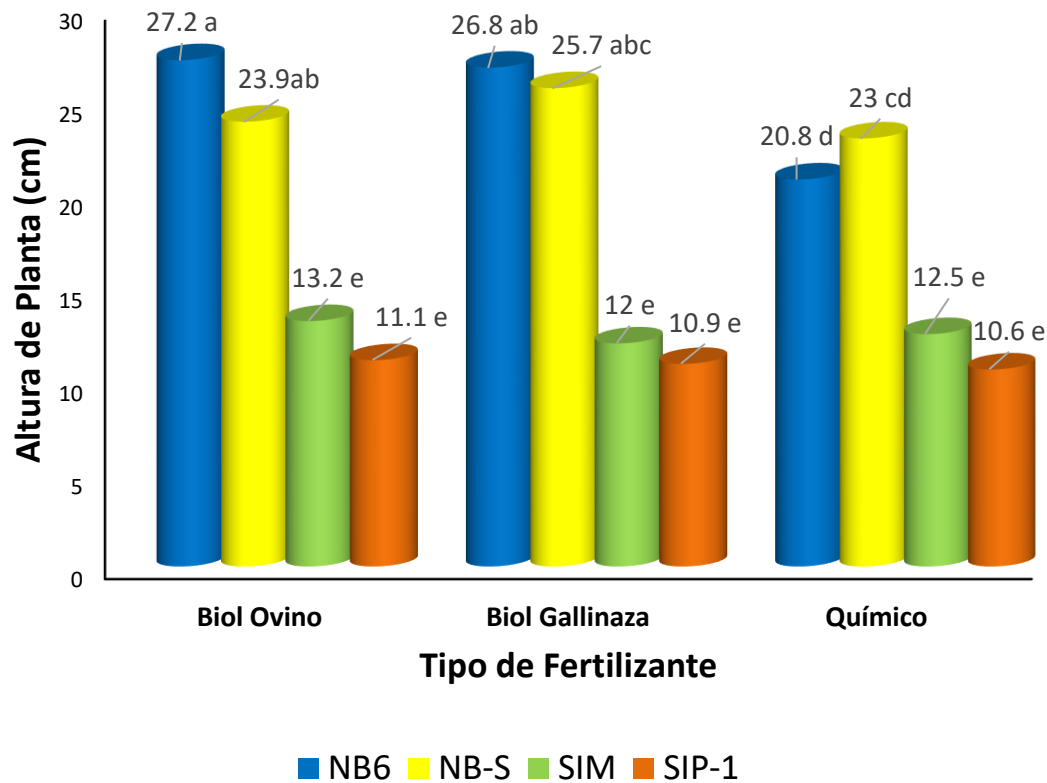


Grafico 2. Comportamiento de la altura del FVH según la interacción semilla por fertilizante.

En el gráfico 2 podemos observar el efecto sobre la altura obtenido del FVH producto de la interacción semilla por fertilizante, encontrando que el comportamiento de la altura de los FVH producido con semilla de maíz fue el mismo independientemente del tipo de fertilizante, de igual forma el comportamiento de la altura fue similar al obtenido con la semilla de sorgo. Las mayores alturas se obtuvieron en el FVH con semilla de Maíz con fertilizantes orgánicos NB-6 por Biol ovino (27.2 cm) NB-6 por Biol Gallinaza (26.8 cm) seguido de NB-S por Biol ovino (23.9 cm) y NB-S por Biol Gallinaza (25.7 cm) respecto a la altura obtenida con el fertilizante químico (NB-6 por Fertilizante químico (20.8 cm) y NB-S por Fertilizante Químico (23 cm). No se observaron diferencias en las alturas del FVH producido con la semilla de sorgo independientemente del tipo de fertilizante. A su vez la altura de los sorgos fue menor a la obtenida con los FVH producido con semilla de maíz.

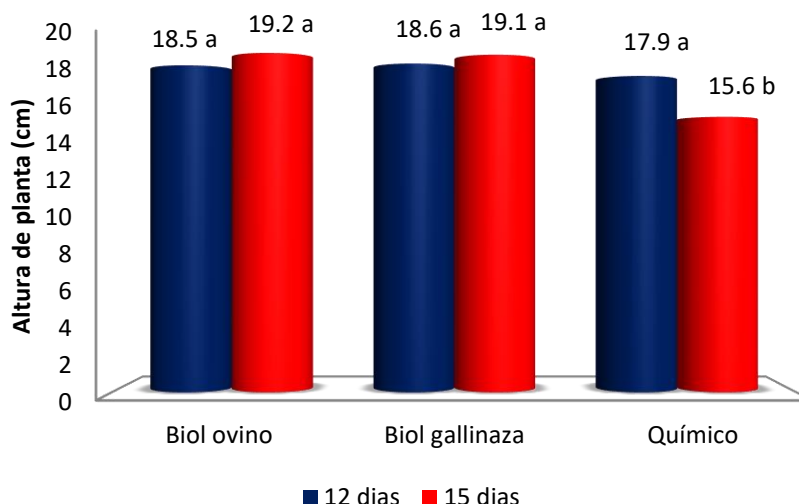


Grafico 3. Comportamiento de la altura del FVH según el fertilizante por edad de cosecha

En el gráfico 3, no se observó diferencias ($p > 0.05$) en la altura de los FVH producido con fertilizantes orgánicos y el tiempo de cosecha (12 y 15 d). Si se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para altura de los FVH producidos con fertilizante químico cosechado a los 12 d (17.9 cm) y 15 d (15.6 cm).

De acuerdo con Marschner (2012) el N, P, Ca y Mg son importantes para el desarrollo foliar de las plantas con lo que se demuestra que al disminuir la concentración del fertilizante químico no se le suministraron al tratamiento 3 los nutrientes necesarios para alcanzar mayor desarrollo foliar.

La densidad de siembra es uno de los factores que más influye en la altura de la planta (AP). Cerrillo (2012) encontró en trigo, que en un ciclo de 12 días y con una densidad de 5.00 kg·m² considerada alta obtuvo una altura de planta de 21.96 cm. De acuerdo con la densidad utilizada en el experimento de 7.5 kg·m², el FVH de maíz obtuvo mejores resultados que los reportados por este investigador. Esto puede indicar que a medida que se incrementa la densidad de siembra, la altura también se incrementa, debido a un proceso de competencia por luz entre las plantas. Además, para obtener un mejor FVH es indispensable contar con un periodo de luz de 13 a 16 horas, ya sea natural o artificial.

4.1.2. Diámetro de Tallo

En el grafico 4, no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$), entre los diámetros de tallo del FVH obtenido con semilla de maíz (3.2 mm tanto para NB-6 y NB-S), de igual manera el diámetro de los tallos del FVH con semilla de sorgo no mostro diferencias significativas ($p > 0.05$) entre SIM y SP1 (1 mm para ambos), como era de esperar si se establecieron diferencias ($p < 0.05$) en diámetro de tallo entre los dos tipos de semilla maíz (3.2 mm) y sorgo (1 mm).

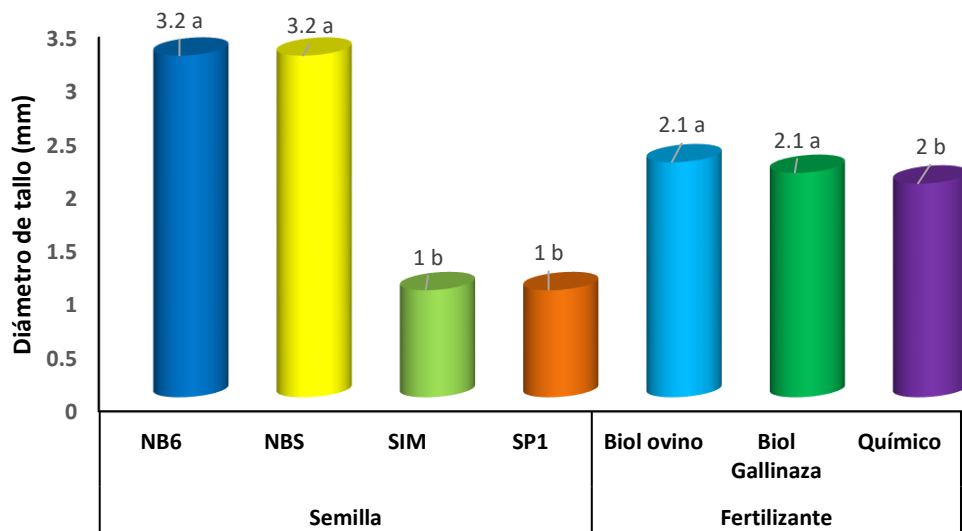


Grafico 4. Diámetro de tallo del FVH según semilla y tipo de fertilizante utilizado.

Al evaluar el diámetro del tallo en dependencia del tipo fertilizante utilizado (grafica 4) podemos observar diferencias ($p < 0.01$) entre los diámetros obtenidos con fertilizante orgánico Biol ovino y Biol gallinaza vs Fertilizante Químico (2.2 mm y 2.1 mm vs 2.0 mm respectivamente).

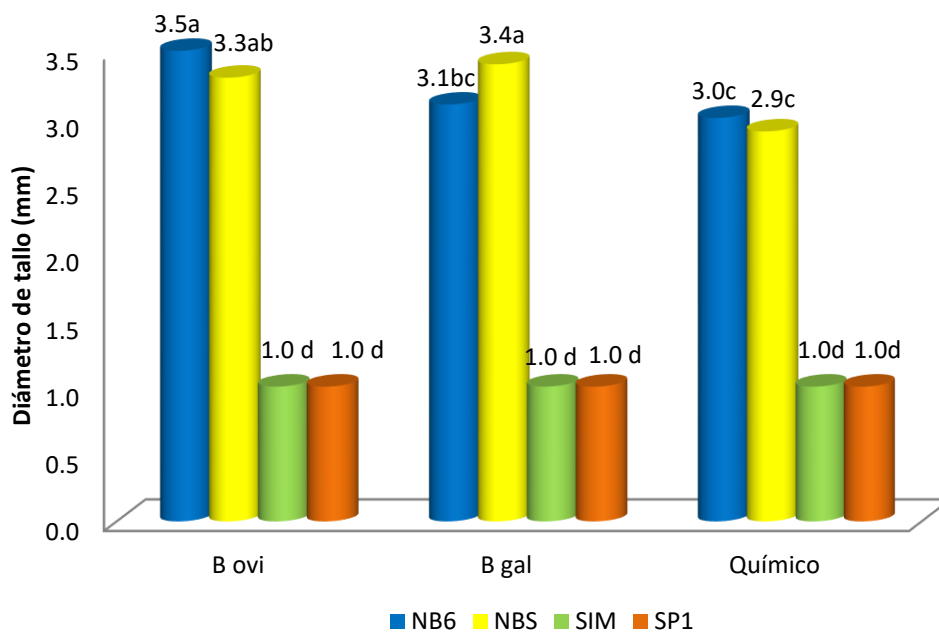


Grafico 5. Comportamiento del diámetro de tallo del FVH según el efecto de la interacción semilla por fertilizante.

Al evaluar el comportamiento del diámetro del tallo del FVH según el fertilizante usado, observamos que las semillas de Maíz NB-6 y NB-S tienen mejor comportamiento que el sorgo SIM y SP1 con los 3 tipos de fertilizante (gráfica 5) el grosor del tallo del FVH de semilla de sorgo SIM y SP1 fueron las de menor rendimiento con los tres tipos de fertilizante (1 mm) y no existió diferencia significativa entre sí ($p < 0.05$)

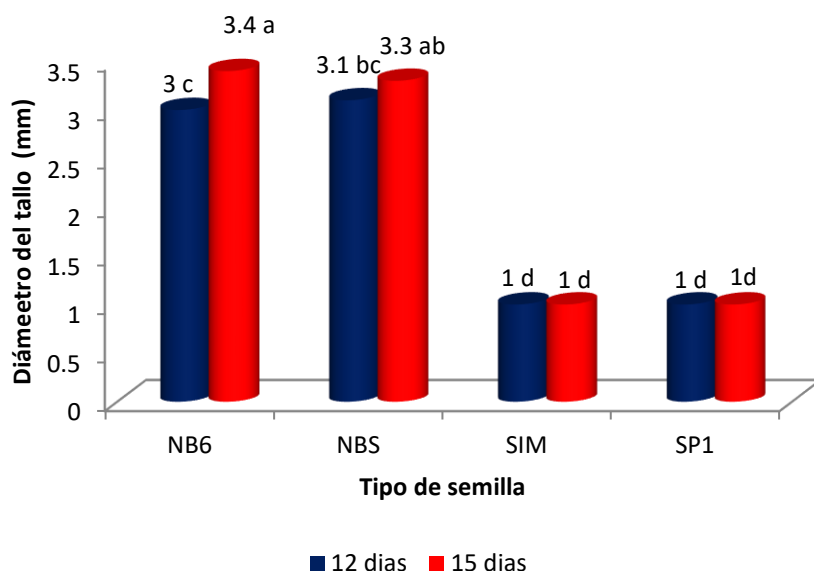


Grafico 6. Comportamiento del diámetro del tallo según la semilla por la edad de cosecha.

Al evaluar el diámetro del tallo del FVH según la semilla por la edad de cosecha podemos observar que existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las cosechas de 12 d y 15 d de los FVH con maíz NB-6 (3 y 3.4 mm) y NB-S (3.1 y 3.3 mm) respectivamente. Sin embargo, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) para diámetro de tallo del FVH producido con semilla de sorgo (SIM y SP1= 1 mm) para tiempo de cosecha de 12 d y 15 d respectivamente. (Grafico 6).

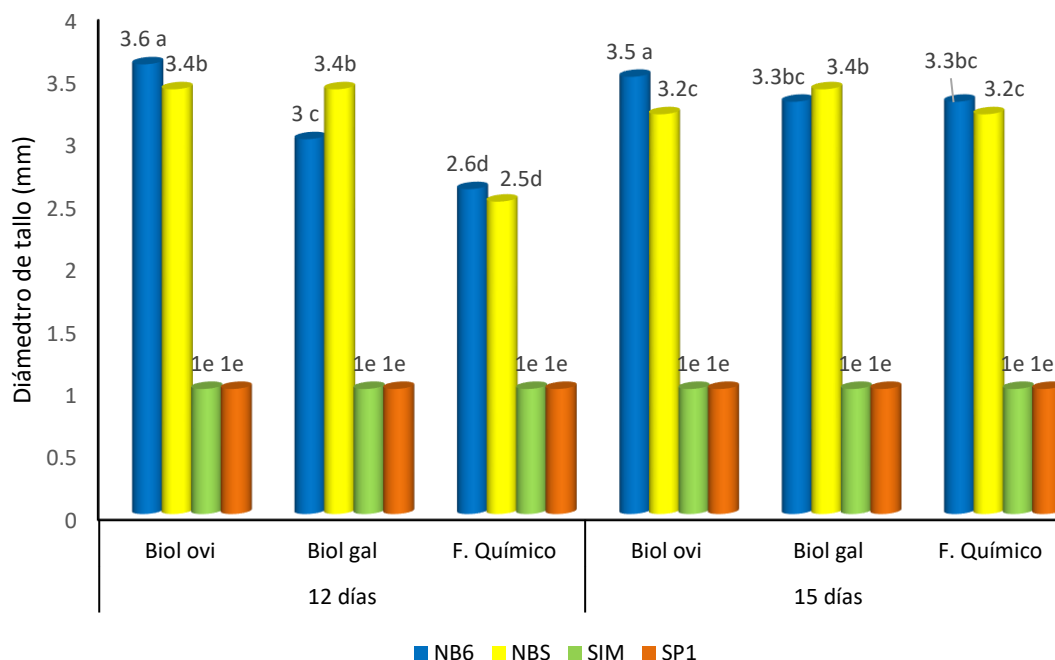


Grafico 7. Comportamiento del diámetro del tallo de FVH según el tipo de semilla y fertilizante por la edad de cosecha.

En el grafico 7, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el comportamiento del diámetro del tallo de los FVH con semilla de maíz (NB-6 y NB-S) y sorgo (SIM y SP1) con los tres tipos de fertilizante (Biol ovino, Biol Gallinaza y Fertilizante Químico) en los dos momentos de cosecha; los FVH que presentaron un mayor diámetro fueron los producidos con semilla de maíz NB-6 con Biol ovino a los 12 d ; para los FVH obtenidos con semilla de maíz NB-S el mayor diámetro manifestado fue Biol Gallinaza en los dos momentos de cosecha. Los FVH producidos con semilla de maíz (NB-6 y NB-S) y fertilizante químico manifestaron mayor diámetro a los 15 d en comparación a los cosechados a los 12 d.

El comportamiento del diámetro del tallo de los FVH producidos con semilla de sorgo SIM y SP1 no evidenciaron diferencias ($p > 0.05$) independientemente del tipo de fertilizante utilizado y del momento de cosecha de los mismos.

Villota (2013) encontró resultados similares al evaluar el desarrollo de la planta de maíz, cebada y trigo del forraje verde hidropónico cosechado a los 15 días.

4.1.3. Longitud de raíz

En el grafico 8 podemos observar que existió diferencia significativa ($p>0.01$) en el desarrollo de la raíz del FVH según el tipo de semilla utilizado, de esta manera la semilla de maíz NB-S (21.86 cm) presentó la mayor longitud de raíz seguido de la raíz de Maíz NB-6 (18.47 cm); los FVH de sorgo SIM (9.2 cm) y sorgo SP1 (9.6 cm) presentaron la menor longitud de raíz y no existió diferencia significativa entre ellos ($p<0.05$)

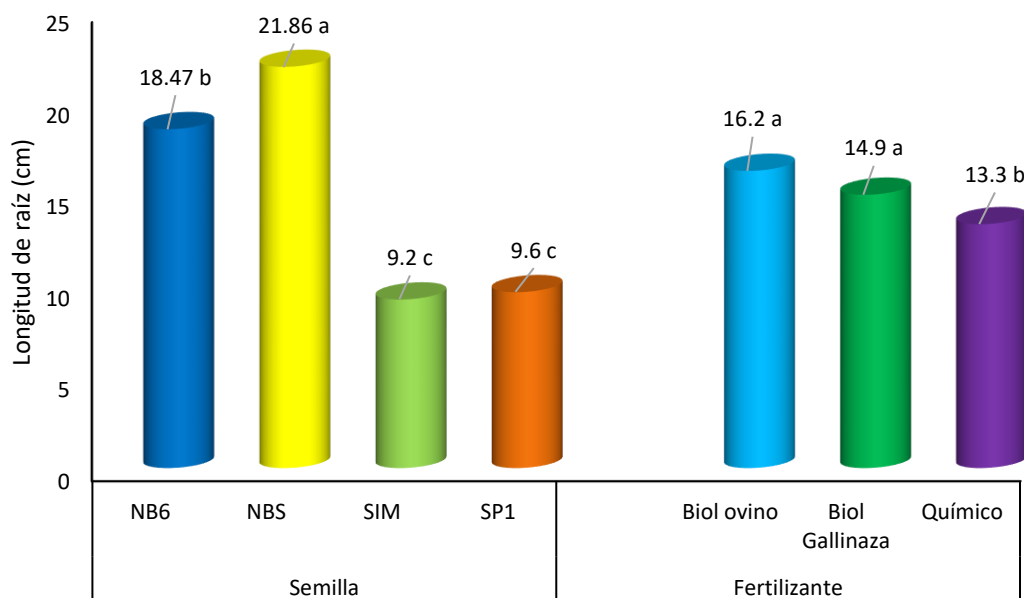


Grafico 8. Comportamiento de la raíz según el tipo de semilla y fertilizante utilizado para producir FVH.

En la gráfica 8 observamos que la longitud de la raíz es mayor en el FVH fertilizado con Biol ovino (16.2 cm) y Biol gallinaza (14.9 cm) estos no presentan diferencia significativa ($p<0.05$) entre sí pero difieren estadísticamente ($p>0.01$) de los resultados obtenidos con el fertilizante químico que presenta el resultado más bajo (13.3 cm).

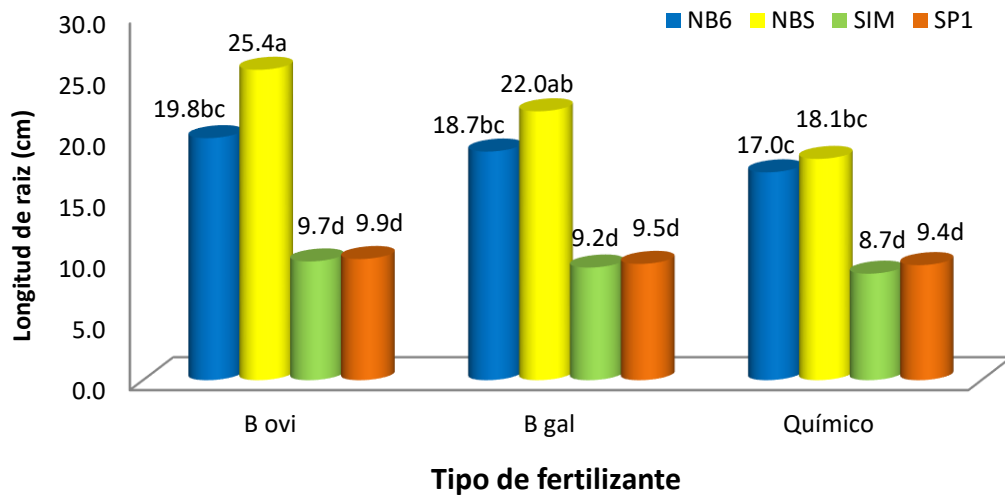


Gráfico 9. Comportamiento de la raíz según la interacción semilla por fertilizante.

Al evaluar la longitud de raíz del FVH con la interacción semilla por fertilizante observamos que la semilla de maíz NB-S es la que tuvo mejor respuesta en los 3 tipos de fertilizantes utilizados (Biol ovino=25.4 cm, Biol gallinaza=22 y Fertilizante Químico=18.1 cm) le sigue la semilla de maíz NB-6 de igual manera para los tres tipos de fertilizante (19.8 cm, 18.7 cm y 17 cm respectivamente) sin embargo la longitud de raíz del FVH de los sorgos SIM y SP1 presentaron los resultados más bajos para los 3 fertilizante estudiados sin que existió diferencia estadística entre ellos.(grafico 9) el mayor resultado se obtuvo con el FVH de maíz NB-S fertilizada con Biol ovino (25.4 cm).

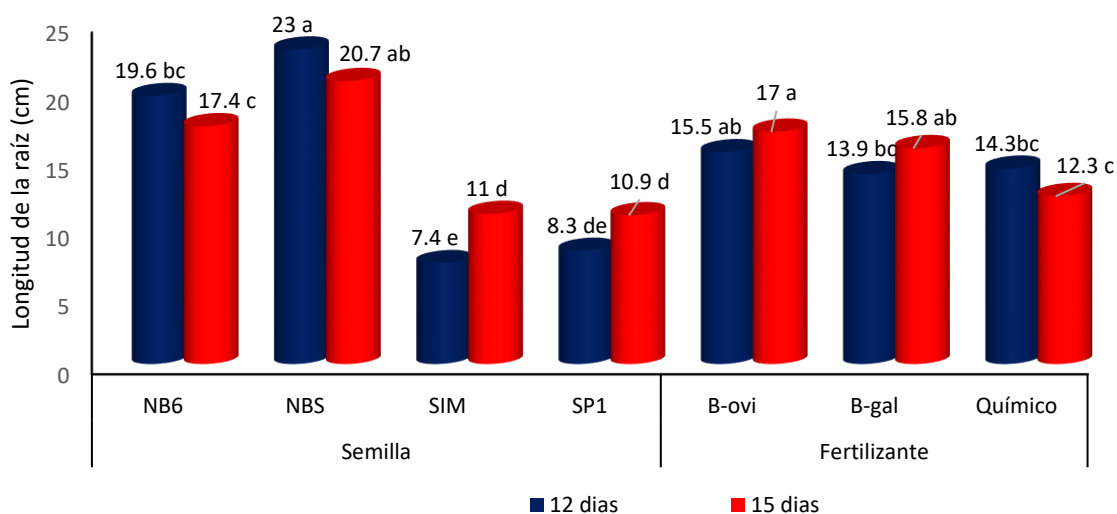


Gráfico 10. Comportamiento de la raíz según la interacción semilla por edad de cosecha y fertilizante por edad de cosecha.

El gráfico 10 nos muestra que la longitud de raíz en el maíz NB-S y NB-6 responde mejor a los 12 d de cosecha (23 y 19.6 cm respectivamente) no así en los sorgos SIM y SP1 que presentan una mayor longitud de raíz a los 15 d de cosecha (11 y 10.9 cm respectivamente).

Podemos observar que la longitud de raíz del FVH responde mejor a los fertilizantes naturales Biol ovino y Biol gallinaza cosechados a los 15 d (17 y 15.8 cm respectivamente), sin embargo la longitud de la raíz del FVH producido con el fertilizante químico obtuvo una mayor longitud cuando este se cosecho a los 12 d. La mayor longitud de raíz se obtuvo con el fertilizante Biol ovino cosechado a los 15 d (17 cm).

Villota (2013), al evaluar la producción de FVH encontró que la longitud de la raíz se ve afectada por el tipo de material utilizado, fertilización (orgánica e inorgánica) y el tiempo de cosecha, demostrando que los materiales criollos presentaban una menor elongación de raíz y a su vez el FVH de maíz presentaba raíces más largas que el trigo.

Candia (2014) encontró valores similares en el desarrollo de la raíz al estudiar la fertilización en cebada con guano de cuy a dos concentraciones.

4.2. Producción de biomasa de Forraje Verde Hidropónico

4.2.1. Producción de biomasa FVH en base fresca

En la tabla 3, se observa que existió diferencia significativa ($p < 0.01$) entre el peso fresco (PF) del forraje verde hidropónico del maíz NB-S (FVH-NB-S) 4.4292 kg en comparación al PF del forraje verde hidropónico del maíz NB-6 (FVH-NB-6) 3.5254 kg; de igual manera se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre el forraje verde hidropónico de sorgo INTA Mejor (FVH-SIM) y Sorgo Pinolero 1 (FVH-SP1) (2.6750 kg y 3.3146 kg respectivamente), sin embargo no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los PF del FVH-NB-6 (3.5254 kg) y el FVH-SP1 (3.3146 kg), lo que demuestra que el FVH-NB-S obtuvo la mayor producción de biomasa seguido del FVH-NB-6 y FVH-SP1.

Tabla 3. Producción de Biomasa Fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio.

Factores	Media (kg)	Desviación estándar	Nivel de significancia
Semilla			
Maíz NB-6	3.53 b	0.12283	**
Maíz NB-S	4.43 a		
Sorgo INTA Mejor	2.68 c		
Sorgo Pinolero 1	3.31 b		
Fertilizante			
Biol ovino	3.72 a	0.10637	**
Biol Gallinaza	3.71 a		
Fertilizante químico	3.03 b		
Edad de cosecha			
12 días	3.57 a	0.08685	NS
15 días	3.40 a		

Al evaluar el efecto de los fertilizantes orgánicos se obtuvo una $p > 0.05$ no observando diferencias en la producción de biomasa del FVH con Biol-Ovino y FVH con Biol-Gallinaza 3.7159 kg y 3.7094 kg respectivamente, sin embargo se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los rendimientos del FVH utilizando fertilizantes orgánicos y el rendimiento del FVH producido con el fertilizante químico (3.7159 kg y 3.7094 kg vs 3.0328 kg) (Tabla 1).

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la producción de biomasa en los dos momentos de cosecha 12 d y 15 d (3.5731 kg y 3.3990 kg de forma respectiva).

Tabla 4. Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Maíz NB-6	3.8075 abcd	3.8188 abcd	2.9500 d
Maíz NB-S	4.4500 ab	4.6812 a	4.1562 abc
Sorgo IM	3.2813 cd	2.8813 d	1.8625 e
Sorgo P1	3.3250 cd	3.4563 bcd	3.1625 cd

En la tabla 4 se encontró diferencia significativa ($P < 0.01$) en la producción del FVH al evaluar la interacción tipo de semilla por fertilizante utilizado. Los mejores resultados se obtuvieron en los FVH obtenidos de la interacción NB-S por Biol gallinaza (4.68 kg) y la producción más bajas con la interacción SIM por Fertilizante Químico (1.86 kg)

Tabla 5. Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Maíz NB-6	3.5925 bcd	3.4583 cd
Maíz NB-S	4.2625 ab	4.5958 a
Sorgo IM	2.3708 e	2.9792 de
Sorgo P1	4.0667 abc	2.5625 e

En la tabla 5 podemos observar que no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) para la producción de biomasa entre el FVH-NB-S-15 d, FVH-NB-S-12 d y FVH-SP1-12 d (4.5958 kg, 4.2625 kg y 4.0667 kg respectivamente) de igual manera no existió diferencias significativa ($p<0.01$) en la producción de biomasa del FVH-SP1-15 d y el FVH-SIM-12 d (2.5625kg y 2.3708 kg respectivamente) estos presentaron la producción más baja de biomasa. Se demuestra que el FVH que tuvo como sustrato el maíz NB-S cosechado a los 15 días presento mayor producción biomasa.

Tabla 6. Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Fertilizante	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Biol ovino	3.8538 a	3.5781 ab
Biol Gallinaza	3.9438 a	3.4750 abc
Fertilizante químico	2.9219 c	3.1437 bc

En la tabla 6 no se observa diferencia significativa ($p>0.05$) para el rendimiento de biomasa de los FVH a base de Biol ovino y Biol gallinaza cosechado a los 12 d (3.85 kg y 3.94 kg respectivamente) y 15 d (3.58 kg y 3.48 kg). Sin embargo existió diferencia significativa ($p<0.01$) de la biomasa producida con los fertilizantes orgánicos (Biol ovino=3.85 kg y Biol gallinaza=3.94 kg) respecto al FVH con Fertilizante Químico (2.9219 kg).cosechada a los 12 días.

Tabla 7. Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa fresca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Cosecha a 12 días			
Maíz NB-6	3.8650 abcdef	4.0500 abcdef	2.8625 cdef
Maíz NB-S	4.1750 abcde	4.4000 abc	4.2125 abcd
Sorgo IM	3.2375 bcdef	3.0125 cdef	0.8625 g
Sorgo P1	4.1375 abcde	4.3125 abcd	3.7500 abcdef
Cosecha a 15 días			
Maíz NB-6	3.7500 abcdef	3.5875 abcdef	3.0375 cdef
Maíz NB-S	4.7250 ab	4.9625 a	4.1000 abcdef
Sorgo IM	3.3250 bcdef	2.7500 def	2.8625 cdef
Sorgo P1	2.5125 f	2.6000 ef	2.5750 ef

Al evaluar el efecto de la triple interacción semilla por fertilizante por edad de cosecha Para la interacción de semilla por fertilizante por edad de cosecha podemos observar que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la producción de biomasa del FVH-NB-S fertilizado con Biol gallinaza cosechado a los 15 d (4.96 kg) con el FVH-SIM con Fertilizante Químico cosechado a los 12 d (0.8625 kg).

Los mejores rendimientos de los FVH se obtuvieron al utilizar la semilla de maíz NB-S independientemente del tipo de fertilizante y tiempo de cosecha. (Tabla 7), seguido del FVH con semilla de maíz NB-6; respecto a los rendimientos de biomasa fresca de los FVH-SIM y FVH-SP1 se encontró que el FVH-SIM a los 12 días mostro los rendimientos más bajos independientemente del fertilizante utilizado (3.2375 kg, 3.0125 kg y 0.8625 kg para Biol ovino, Biol gallinaza y Fertilizante Químico de forma respectiva); sin embargo el FVH-SP1 a los 15 días fue el que produjo la menor respuesta productiva independientemente del fertilizante utilizado: Biol ovino (2.5125 kg); Biol gallinaza (2.6000 kg) y Fertilizante Químico (2.5750 kg).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Bayardo-Parra *et al.* (2006), el cual señala que el rendimiento de forraje fresco depende, en mayor medida, del día de cosecha y la fertilización que del genotipo utilizado. De igual manera Salas-Pérez *et al.* (2010), al evaluar FVH con fertilización orgánica y diferentes momentos de cosecha encontraron resultados similares a los reportados en este estudio. Sin embargo se obtuvieron mayores rendimientos en maíz que los reportados por Vargas (2008) quien obtuvo una producción de 23.88 kg/m² cosechando a 20 días.

Castro (2012) indica que la cosecha del FVH se debe realizar entre 12 y 15 días para la alimentación en cabras, porque contiene mejores rendimientos y calidad nutricional en los rangos de fecha mencionados. La producción de biomasa en FVH, se favorece cuando éste

se fertiliza con al menos 200 mg/L de N (FAO, 2001), esto se ve reflejado en la respuesta de los materiales utilizados (maíz y sorgo) con el fertilizante orgánico (biol ovino y biol gallinaza) en comparación al fertilizante químico. Con la utilización de soluciones de guano de cuy de 100 g/L y 200 g/L se obtuvo un mejor rendimiento forrajero y mayor producción de nutrientes (Kg/m²), Candia (2014).

Cerrillo *et al.* (2012), encontraron con una densidad de siembra de 5.0 kg·m² de semilla de trigo alcanzaron un rendimiento de 30 kg/m² de biomasa después de 12 días de crecimiento.

4.2.2. Producción de biomasa de FVH en base seca

En la tabla 8 se observa que no hay diferencia significativa ($p>0.05$) entre el peso seco (PS) del FVH-NB-6 (666.6 gr) en comparación al PS del FVH-NB-S (648.9 gr); de igual manera no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre el FVH-SIM y FVH-SP1 (418.5 gr y 455.1 gr respectivamente), sin embargo se observaron diferencias estadísticas ($p<0.01$) entre los PS del FVH-NB-6 y NB-S) y el FVH-SIM y SP1 (Tabla 8), lo que demuestra que el FVH-NB-6 obtuvo la mayor producción de materia seca seguido del FVH-NB-S y FVH-SP1

Tabla 8. Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio.

Semilla	Media (gr)	Desviación estándar	Nivel de significancia
Maíz NB-6	666.6 a	20.40	*
Maíz NB-S	648.9 a		
Sorgo INTA Mejor	418.5 b		
Sorgo Pinolero 1	455.1 b		
Fertilizante			
Biol ovino	596.7 a	17.67	*
Biol Gallinaza	599.8 a		
Fertilizante Químico	445.3 b		
Edad de cosecha			
12 días	462.8 b	14.43	**
15 días	631.8 a		

Al evaluar el efecto de los fertilizantes orgánicos se obtuvo una $p>0.05$ no observando diferencias en la producción de MS del FVH con Biol gallinaza y FVH con Biol ovino, 599.8 gr y 596.7 gr respectivamente, sin embargo se encontraron diferencias significativas ($p<0.01$) entre los rendimientos de PS del FVH utilizando fertilizantes orgánicos y el rendimiento del FVH producido con el Fertilizante Químico (599.8 gr y 596.7 gr vs 445.3 gr) (Tabla 8). Se encontraron diferencias significativas ($p<0.01$) en la producción de MS en los dos momentos de cosecha 12 d y 15 d (462.8 gr y 631.8 gr de forma respectiva). siendo la cosecha de 15 días donde se obtienen mayores resultados.

Tabla 9. Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Maíz NB-6	677.0 abc	824.6 a	498.0 de
Maíz NB-S	702.2 abc	653.9 bcd	590.6 bcde
Sorgo IM	532.5 cde	462.5 e	260.4 f
Sorgo P1	475.0 e	458.2 e	432.2 e

No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en la producción de MS del FVH-NB-6 con el fertilizante Biol gallinaza y Biol ovino(824.6 gr y 677 gr respectivamente) no así el FVH-NB-6 con Fertilizante Químico(498 gr) que presenta una $p<0.01$ con respecto de los fertilizante orgánicos, para el caso de la producción de MS del FVH-NB-S existió diferencias significativa ($p<0.01$) entre el FVH de NB-S-Biol ovino(702.2 gr) y los FVH-NB-S-Biol gallinaza y Fertilizante Químico(653.9 gr y 590.6 gr respectivamente) presentando la mayor producción de MS el FVH-NB-S-Biol ovino(Tabla 9).

El comportamiento productivo de MS de los FVH-SIM con los fertilizante orgánicos fue superior con respecto al Fertilizante Químico mostrando una $p<0.01$ (532.5 gr, 462.5 gr y 260.4 gr. La producción de MS de los FVH-SP1 con Biol ovino, Biol gallinaza y Fertilizante Químico no mostro diferencia significativa ($p>0.05$) entre ellos (475 gr, 458.2 gr y 432.2 gr respectivamente), sin embargo, la producción de ambos sorgos (SIM y SP1) difiere significativamente con la producción de FVH de NB-6 con Biol gallinaza que obtuvo la mayor producción de MS (824.6 gr vs el FVH-SIM - Fertilizante Químico que obtuvo la producción más baja (260.4 gr).

Tabla 10. Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Maíz NB-6	454.2 de	878.9 a
Maíz NB-S	625.9 bc	671.9 b
Sorgo IM	332.2 e	504.7 cd
Sorgo P1	438.6 de	471.5 d

En la tabla 10 podemos observar que se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) para la producción de MS entre el FVH-NBS-15 d y el resto de los materiales evaluados, la producción de MS del maíz NB6 y el sorgo P1 cosechados a los 12 días no mostraron diferencias significativas entre sí ($p>0.05$) ; la producción de MS fue mayor en el maíz NB6 cosechado a los 15 días superando al resto de materiales evaluados (tabla 10).Queda

demostrado que el FVH que tuvo como sustrato el maíz NB6 cosechado a los 15 días presento mayor producción de MS.

Tabla 11. Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de materia seca de Forraje seco Hidropónico (FVH).

Fertilizante	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Biol ovino	567.0 bc	626.4 ab
Biol Gallinaza	518.1 c	681.5 a
Fertilizante	303.2 d	587.4 abc

En la tabla 11 podemos observar diferencia significativa ($p < 0.01$) en la producción de materia seca entre los fertilizantes orgánicos Biol ovino(567 gr), Biol gallinaza (518.1 gr) y el Fertilizante Químico(303.2 gr) a los 12 d de cosecha, sin embargo no se encontró diferencia significativa en la producción de materia seca entre los fertilizantes orgánicos y el fertilizante químico a la cosecha de 15 d (626.4 gr 681.5 gr 587.4 gr , Biol ovino, Biol gallinaza y Fertilizante Químico de manera respectiva).

Tabla 12. Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de biomasa seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Cosecha a 12 días			
Maíz NB-6	565.8 bcdef	584.4 bcdef	212.4 gh
Maíz NB-S	751.5 bc	589.2 bcdef	537.1 bcdef
Sorgo IM	443.9 efg	439.8 efg	113.0 h
Sorgo P1	506.8 cdef	458.9 defg	350.3 fgh
Cosecha a 15 días			
Maíz NB-6	788.3 b	1064.8 a	783.7 b
Maíz NB-S	653.0 bcde	718.6 bcd	644.1 bcde
Sorgo IM	621.1 bcde	485.1 cdef	407.9 efg
Sorgo P1	443.2 efg	457.6 defg	513.7 cdef

Al evaluar el efecto de la triple interacción semilla por fertilizante por edad de cosecha podemos observar que existió diferencia altamente significativa ($p > 0.05$) entre la producción de materia seca del FVH-NB-6 fertilizado con Biol gallinaza cosechado a los 15 d (1064.8 gr) con el FVH-SIM con Fertilizante Químico cosechado a los 12 d (113.0).

Los mejores rendimientos de los FVH se obtuvieron al utilizar la semilla de maíz NB-6 independientemente del tipo de fertilizante y tiempo de cosecha. (Tabla 12), seguido del FVH con semilla de maíz NB-S; respecto a los rendimientos de materia seca de los FVH-SIM y FVH-SP1 se encontró que el FVH-SIM a los 12 días mostro los rendimientos más

bajos independientemente del fertilizante utilizado (443.9 gr, 439.8 gr y 113 gr para Biol ovino, Biol gallinaza y Fertilizante Químico de forma respectiva); sin embargo el FVH-SP1 a los 15 días fue el que produjo la menor respuesta productiva con los fertilizantes orgánicos Biol ovino(443.2 gr); Biol gallinaza (457.6 gr), superando únicamente al FVH-SIM con Fertilizante Químico (SIM, 407.9 gr y SP1 513.7 gr).

La Materia seca (MS) y el contenido de PC del forraje son los mejores indicadores de la calidad de un forraje, ya que regulan la digestibilidad y por lo tanto la producción de rumiantes (Mejía, 2002). En este estudio el tipo de fertilizante, el tiempo de cosecha afectó significativamente la producción de MS de los materiales utilizados (maíz y sorgo).

Herrera *et al.* (2010) reportaron un incremento de la MS al aumentar los días a cosecha de FVH, aunque la MS también aumenta al incrementar la aplicación de N (Dumont *et al.*, 2005). En el presente estudio se obtuvieron resultados similares, ya que el tiempo de cosecha tuvo un efecto significativo sobre la MS, la cual aumentó conforme fue avanzando el desarrollo del FVH, obteniendo los mayores valores a los 15 días. Esto concuerda con Texeira *et al.* (2009), quien concluyó que con la edad o el estado de madurez de la planta se incrementan la MS. Se encontró un incremento significativo de MS al aumentar los días de cosecha en ambos materiales (maíz y sorgo) utilizados en el presente estudio.

Tarrillo (2007) recopilando información de varios autores señala que es posible obtener valores de MS entre 12-20% en sistemas hidropónicos; esto se asemeja a lo encontrado por Espinoza *et al.* (2004) quienes en un estudio utilizando forraje verde hidropónico (FVH) para alimentar toretes mestizos obtuvieron maíz con un 14,43% MS, y también concuerda con Rodríguez (2000) quien menciona que dependiendo de la especie forrajera es posible obtener materiales que varían entre 12 y 18% MS. No obstante, los resultados no coinciden con los valores mencionados por otros autores quienes aseveran que los rendimientos esperados en cuanto a % MS rondan entre 20 y 30% (Carballo 2000, FAO 2001, Elizondo 2005, Müller *et al.* 2005).

García *et al.* (2003) mencionan que el suministro adecuado de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), es un factor determinante que impacta la acumulación de materia seca en cultivos sometidos a altas densidades de siembra, como en el FVH.

4.3. Contenido de proteína del Forraje Verde Hidropónico

En la tabla 13 podemos observar que no existió diferencia significativa ($p < 0.05$) para la producción de Proteína bruta (PB) del FVH-NB-6 (133.2 gr), FVH-NB-S (132.1 gr) y FVH-SIM (129.4 gr), sin embargo estos difieren del FVH-SP1 que presentó los resultados más bajos (92.9 gr).

Al evaluar el efecto de los fertilizantes en la producción de PB se observan diferencias significativas ($p<0.01$) entre los 3 fertilizante utilizados, presentando la mayor productividad de PB el fertilizante Biol gallinaza (138.65 gr) seguido del fertilizante Biol ovino (119.65 gr) y el Fertilizante Químico (107.39 gr) que presento la producción de PB más baja.

Tabla 13. Producción de proteína bruta (PB) de Forraje Verde Hidropónico (FVH) por factores de estudio.

Factores	Media (gr)	Desviación estándar	Nivel de significancia
Semilla			
Maíz NB-6	129.42 a	2.852	*
Maíz NB-S	133.21 a		
Sorgo INTA Mejor	132.05 a		
Sorgo Pinolero 1	92.90 b		
Fertilizante			
Biol ovino	119.65 b	2.470	**
Biol Gallinaza	138.65 a		
Químico	107.39 c		
Edad de cosecha			
12 días	102.84 a	2.016	**
15 días	140.95 b		

Para el contenido de PB en el FVH según la edad de cosecha, podemos observar que existió diferencia significativa ($p<0.01$) entre las edades de cosecha de 12 d (102.8 gr) y 15 d (141.0 gr), esto demuestra que la mejor edad para cosechar el FVH es la de 15 d.

Tabla 14. Efecto de la doble interacción Semilla por fertilizante sobre la Producción de PB de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Maíz NB-6	141.45 ab	148.08 ab	98.74 d
Maíz NB-S	146.10 ab	162.61 a	90.92 d
Sorgo IM	128.16 bc	134.69 b	133.31 b
Sorgo P1	62.88 e	109.22 cd	106.60 cd

En la tabla 14 podemos observar que no se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) en la producción de proteína bruta del FVH de NB-6 y NB-S fertilizado con los fertilizantes orgánicos, sin embargo, existió diferencia significativa en la producción de PB cuando usamos el Fertilizante Químico (tabla 14).

Para el caso del FVH SIM este no presento diferencia significativa ($p<0.05$) en la producción de PB con ninguno de los fertilizantes usados (128.16 gr, 134.69 gr, 133.31 gr; Biol ovino, Biol gallinaza y Fertilizante químico respectivamente), sin embargo el FVH-SP1 presentó los resultados más bajos en la producción de PB con el uso de fertilizantes orgánicos pero fue mejor que el maíz NB-S y NB-6 fertilizado con el Fertilizante químico. (Tabla 14)

Tabla 15. Efecto de la doble interacción Semilla por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Maíz NB-6	83.37 d	175.48 a
Maíz NB-S	126.03 bc	140.39 b
Sorgo IM	125.51 bc	138.60 b
Sorgo P1	76.46 d	109.34 c

Al analizar la producción de PB (tabla 15) de las diferentes semillas cosechadas a los 12 días observamos que la mayor producción la obtuvieron el FVH-NB-S y el FVH-SIM no encontrando diferencias significativas ($p<0.05$) entre estos, no así el FVH-NB-6 y el FVH-SP1 que presentan los rendimientos más bajos. En la producción de PB del FVH cosechado a los 15 días podemos observar que el FVH-NB-6 presenta los mayores rendimientos (175.48 gr) y el rendimiento más bajo el FVH-SP1 (109.34 gr). La producción de PB del FVH NB-S y FVH SIM (140.39 gr y 138.6 gr respectivamente) cosechado a los 15 días no difieren entre sí ($p<0.05$), esto demuestra que la mayor producción de PB se obtiene con el FVH –NB-6 cosechado a los 15 días. (175.48 gr).

Tabla 16. Efecto de la doble interacción fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Fertilizante	Edad de cosecha	
	12 días	15 días
Biol ovino	110.20 c	129.10 b
Biol Gallinaza	92.27 d	185.03 a
Fertilizante Químico	106.06 cd	108.73 c

En la tabla 16, al comparar la producción de PB de los fertilizantes a las 2 edades de cosecha podemos observar que a los 12 d, el peor comportamiento productivo lo tiene Biol gallinaza (92.27 gr) y muestra diferencias significativas ($p<0.01$) del Biol ovino (110.2 gr) y el

Fertilizante químico (106.6 gr), sin embargo Biol ovino y el Fertilizante químico no son diferentes estadísticamente entre sí ($p<0.05$); para el caso de la producción de PB a los 15 d podemos observar que existió diferencia significativa ($p<0.01$) entre los 3 fertilizantes evaluados donde el Biol gallinaza (185.03 gr) presenta los resultados más altos y el Fertilizante químico la producción de PB más baja (108.73 gr).

Tabla 17. Efecto de la triple interacción Semilla por fertilizante por edad de cosecha sobre la Producción de proteína bruta de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Semilla	Tipo de fertilizante		
	Biol Ovino	Biol Gallinaza	Químico
Cosecha a 12 días % PC			
Maíz NB-6	121.32 ef	53.18 ij	75.61 hi
Maíz NB-S	184.64 b	95.21 fgh	98.23 fgh
Sorgo IM	109.99 efgh	107.41 fgh	159.15 bcd
Sorgo P1	24.84 j	113.29 efg	91.24 fgh
Cosecha a 15 días			
Maíz NB-6	161.59 bc	242.98 a	121.86 def
Maíz NB-S	107.55 fgh	230.01 a	83.61 ghi
Sorgo IM	146.33 cde	161.97 bc	107.48 fgh
Sorgo P1	100.92 fgh	105.16 fgh	121.96 def

Al evaluar el efecto de la triple interacción semilla por fertilizante por edad de cosecha para 12 d El FVH-NB-S fertilizado con Biol ovino (184.64 gr) y el FVH-SIM fertilizado con Fertilizante químico (159.15 gr) obtuvieron los mejores resultados y no mostraron diferencias significativas entre sí ($p<0.05$), sin embargo el contenido de PB del FVH-SP1 fertilizado con Biol ovino (24.84 gr) y FVH-NB-6 fertilizado con Biol gallinaza (53.18 gr) fueron las más bajas de las interacciones evaluadas (tabla 17).

Para la interacción de semilla por fertilizante por edad de cosecha para 15 días podemos observar que no se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre el FVH-NB-6 (242.98 gr) y el FVH-NB-S (230.01 gr) ambos fertilizados con Biol gallinaza. Esto demuestra que los mejores rendimientos de los FVH se obtuvieron al utilizar la semilla de maíz NB-6 con el fertilizante Biol gallinaza cosechado a los 15 días (Tabla 17), seguido del FVH con semilla de maíz NB-S (230.01 gr) fertilizada con Biol gallinaza a los 15 d.

Con respecto al porcentaje PB, todos los factores en estudio afectaron significativamente el contenido de proteína de los FVH producidos. El material maíz NB-6 presentó el mayor contenido de PB con respecto al material NB-S y respecto al material Sorgo (SP-1 y SIM).

Gutiérrez *et al.*, (2006) mencionan una relación directamente proporcional entre la fertilización nitrogenada y el contenido de proteína en forraje.

El contenido mínimo de proteína cruda que debe tener un FVH es de 7% lo que garantiza que se pueda dar como mínimo la fermentación de los carbohidratos estructurales a nivel de rumen (Van Soest, 1994), aunque Tarrillo (2007) considera que rangos normales en producción hidropónica deben variar entre 12-25% PC.

El FVH posee el suficiente valor nutrimental para ser un suplemento alimenticio ideal para mantener al ganado vivo en temporadas de sequía severa (López *et al.*, 2012).

Herrera-Torres *et al.* (2010), en germinados de trigo (*Triticum aestivum* L), encontraron concentraciones de proteína cruda de 13.4, 21.5 y 12.6 %, analizadas a los 8, 10 y 12 días después de la siembra, por lo que no existe una concentración de proteína promedio específica, ya que ésta varía en función de las condiciones de producción del forraje verde hidropónico. La concentración de proteína al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa la concentración de N de la solución nutritiva, hasta valores de 200 mg/litro. (Anónimo, 2001).

Se ha probado que la producción de forraje verde hidropónico de maíz fertilizado con una solución nutritiva de Té de Compost fue similar en el rendimiento y la calidad nutricional al obtenido con la fertilización comercial, concluyéndose que es factible la utilización del Té de Compost como sustituto de la fertilización química (Salas *et al.*, 2010).

V. CONCLUSIONES

1. La mayor producción de biomasa fresca del FVH de maíz del genotipo NB-S fertilizado con Biol ovino y cosechado a 15 d (27.28 kg/m^2), seguido del FVH de maíz NB-6 con biol ovino a los 15 d. (21.7 kg/m^2) Ambos superando la producción de los FVH de sorgo. Sin embargo en base seca la mayor producción se obtuvo en el FVH producido a partir de maíz NB-6 con biol gallinaza y cosechado a los 15 d ($29.68\% \text{ MS}$) de igual forma la producción de proteína se obtuvo del FVH-NB-6 cosechado a los 15 d (22.82%).
2. Los fertilizantes orgánicos obtuvieron mejores rendimientos productivos en el FVH que los obtenidos con fertilizante químico. La mejor época de cosecha fue a los 15 d.
3. Desde el punto de vista morfológico no se obtuvo diferencias entre los genotipos de maíz, ni entre los genotipos de sorgo, las diferencias se evidenciaron entre los tipos de materiales (maíz y sorgo).

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de fertilizantes de origen orgánico para la obtención de FVH como alternativa al uso de fertilizantes químicos o de soluciones nutritivas. A su vez realizar análisis de los fertilizantes para conocer las características nutritivas de los mismos.
2. Evaluar la respuesta animal al incluir en la dieta el FVH producido de forma orgánica como una opción para pequeños productores.
3. Se recomienda el estudio de los fertilizantes orgánicos en otros materiales forrajeros para medir la respuesta productiva de los mismos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 1990, Métodos oficiales de análisis de la AOAC, 15 ed. Métodos 932.06, 925.09, Asociación de químicos analíticos oficiales, Arlington, VA, EUA.
- Bayardo-Parra R., M. R. Cigales-Rivero, J. G. Lorenzana-Salazar y S. Urquiaga. 2006. Caracterización de variedades de maíz mediante ¹⁵N como marcador en tres etapas fenológicas. Rev. Fitotec. Mepor. 29: 13-17.
- Candia, L. 2014 Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy *Cavia porcellus* a dos concentraciones.
- Carballo, C. 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal (en línea). Culiacán, México. Consultado el 30 junio 2016. Disponible en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm>.
- Castro, R. A., 2012. Forraje hidropónico para alimentar cabras. Programa Nacional de Especies Menores, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. Publicado en sitio argentino de producción animal.
- Cerrillo S., M. A.; Juárez R., A. S.; Rivera A., J. A.; Guerrero C., M.; Ramírez L., R. G.; Bernal B., H. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Interciencia 37(12):903-913. http://www.interciencia.org/v37_12/906.pdf
- Dumont, J. C.; Anrique, R.; Alomar, D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. Agric. Téc. (Chile). 65: 388-396.
- Elizondo, J. 2005. Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG informa (32): 36-39.
- Espinoza, F; Argeti, P; Urdaneta, G; Areque, C; Fuentes, A; Palma, J; Bello, C. 2004. Uso del forraje del maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Venezuela. Revista Zootecnia Tropical 22(4): 303-315.
- FAO, 2001. Forraje verde hidropónico. Manual técnico; mejoramiento de la dispersión de alimentos en los Centros de desarrollo infantil del INNFA. Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Consultado 30 de junio 2016.
- Fujisaka, S.; Holmann, F.; Peters, M.; Schmidt, A.; White, D.; Burgos, C.; Ordóñez, M.J.C.; Posas, M.I.; Cruz, H.; Davis, C.; Hincapié, B. 2005. Estrategias para minimizar la escasez de forrajes en zonas con sequías prolongadas en Honduras y Nicaragua.
- García, C.A. 2005. Efectos de abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del forraje verde hidropónico Universidad Nacional Autónoma Agraria Antonio Barro, Tesis.

- García, E. A.; Kohashi, S. J.; Baca, C. G. A.; Escalante, E. J. A. S. 2003. Rendimiento y asignación de materia seca de una variedad de frijol en un sistema hidropónico y suelo. *Terra Latinoamericana* 21(4): 471-480. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57321403.pdf>
- García, G.C. y Felix, J.A. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. 1ª ed. Fundación produce Sinaloa, A.C.
- Gutiérrez-del Río, E.; Espinoza-Banda, A.; Palomo-Gil, A.; Lozano, G.J.J.; Antuna-Grijalva, O. 2006. Aptitud combinatoria de híbridos comerciales de maíz para La Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Mepor.* 27: 7-11.
- Gutiérrez, I., Sánchez, S., Calderón, F. 2000. Cultivos hidropónicos, Fascículo 9, Sn. St Bogotá, Colombia, vol.1.
- Herrera-Torres, E.; Cerrillo-Soto, M. A.; Juárez-Reyes, A. S.; Murillo-Ortiz, M.; Ríos-Rincón, F. G.; Reyes-Estrada, O.; Bernal-Barragán, H. 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor Proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia* 35:284-289.
- Holmann, F.; Rivas, L.; Argel, P.; y Pérez, E. 2004. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Documento de Trabajo No. 197.
- INTA Nicaragua, 2013. Evaluación de calidad de semillas, Prueba de germinación para semillas de granos básicos. Managua, Nicaragua. 12-14 Pp.
- INTA Nicaragua, 2014. Guía de buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos, infraestructura y equipamiento.
- ISTA (Internacional Seed Testing Asociation), 2004.
- López A., R.; Murillo, B.; Troyo, E.; Rodríguez, G.; Romero, J. J.; López, R.; Naranjo, A. 2012. Forraje verde hidropónico, una alternativa para el ganado de zonas áridas. *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México* 5(107):1-26. Disponible en <http://pcti.mx/articulos?task=callele> Sitio Argentino de Producción Animal.
- Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. London, Great Britain. 889 p. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123849052>
- Mejía-Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria* 12: 56-63.

- Müller, L; Manfron, P; Santos, O; Medeiros, S; Haut, V; Dourado, D; Binotto, E; Bandeira, A. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. *Zootecnia Tropical* 23(2): 105-119.
- Nichols, C.I.; Altieri, M.A. 2008. Revista de agroecología LEISA, 24.4. Consultada el 17 de agos del 2015, disponible en <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/4-respuestas-al-cambio-climatico/cambio-climatico-y-agricultura-campesina-impactos>.
- Restrepo, R. J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas, 1ª ed. Managua: SIMAS.
- Salas, P.L.; Esparza, R.J.; Rangel, P.; Álvarez, R.V.; Meza, V.J.; Velázquez, M.; Murillo, O. M.M. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioporidante del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica, INTERCIENCIA, vol. 37 № 3. Consultado el 2 de julio 2016, disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922725009>.
- Salas-Pérez, L.; Preciado-Rangel, P.; Esparza-Rivera, J.R.; Álvarez-Reyna, V. de P.; Palomo-Gil, A.; Rodríguez-Dimas, N.; Márquez-Hernández, C. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, vol. 28, núm. 4, pp. 355-360 E-ISSN: 2395-8030. Sociedad Meporicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Chapingo, MPOR.
- Tarrillo, H. 2007. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal (en línea). Arequipa, Perú. Disponible en: <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88>.
- Texeira, V. C., Miranda, C. Coser, E. Martins, D do Nascimento, e J. Ribeiro. 2009. Producao do materia seca e valor nutritivo de pastagen de capim-elefante sob irrigacao e edubacao nitrogenada. *Rev. Bras. Zoot.* 38:435-442.
- Tórrez, M. R, Álvarez, S. Ma. E, Acevedo, D.C, Sánchez, R.E, Revista-Chapingo serie horticultura 19(2):211-223, 2010. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of theruminant. New York. Cornell University Press. 2 ed. 463 p.
- Vargas, R.C.F. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero, *Revista Agronomía mesoamericana*, 19, 234-240. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf.
- Villota, C.G.M. 2013. Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de maíz, trigo y cebada en el cantón mocha provincia de Tungurahua. Informe técnico del proyecto de investigación. Escuela politécnica del ejército Departamento de ciencias de la vida. Carrera de ingeniería agropecuaria Santo domingo de los Tsáchilas

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ventilación de semillas antes de la siembra



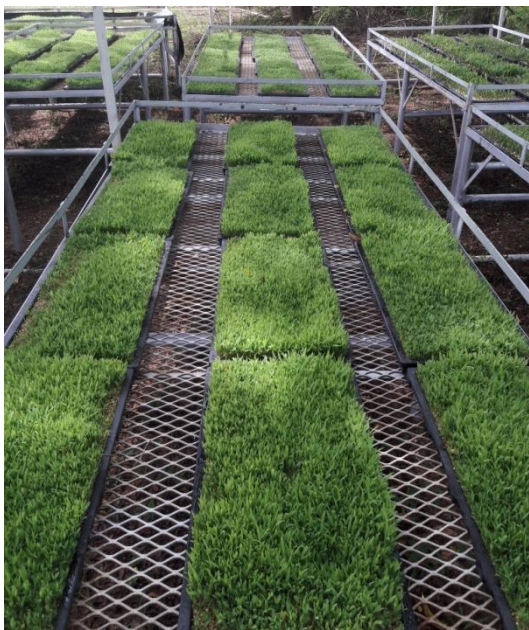
Anexo 2. Mesas, bandejas y semilla listas para la siembra



Anexo 3. Bandejas sembradas con semillas de maiz y sorgo



Anexo 4. Desarrollo de FVH de maíz y sorgo



Anexo 5. Cosecha y pesaje de FVH

